

Санкт-Петербургский политехнический  
университет Петра Великого  
Институт компьютерных наук и технологий  
Кафедра компьютерных систем и программных технологий

Отчёт по лабораторной работе  
Дисциплина: Телекоммуникационные технологии  
Тема: Частотная и фазовая модуляция

Выполнил студент группы 33501/3

\_\_\_\_\_  
(подпись) П.М.Шувалов

Преподаватель

\_\_\_\_\_  
(подпись) Н.В.Богач

Санкт-Петербург  
2017

# 1 Лабораторная работа №5. Частотная и фазовая модуляция

## 1.1 Цель

Изучение частотной и фазовой модуляции/демодуляции сигнала.

## 1.2 Постановка задачи

1. Сгенерировать однтональный сигнал низкой частоты.
2. Выполнить фазовую модуляцию и демодуляцию сигнала с помощью встроенной функции Matlab
3. Получить спектр модулированного сигнала.
4. Прodelать аналогичные действия для частотной модуляции.

## 1.3 Теоретические положения

Частотная и фазовая модуляции используют частоту и фазу гармонического сигнала в качестве характеристики, передающей информационный сигнал. При этом обе величины входят в состав полной фазы сигнала, поэтому их также называют угловой модуляцией.

Форма сигнала при фазовой модуляции описывается выражением:

$$s(t) = A \cos(\omega_0 t + k s_M(t))$$

При частотной модуляции выражение для модулированного сигнала имеет вид:

$$s(t) = A \cos(\omega_0 t + k \int s_M(t') dt' + \phi_0)$$

Т.к. при изменении начальной фазы сигнала изменяется и его мгновенная частота, определить тип угловой модуляции только по модулированному сигналу невозможно. Необходимо также знать модулирующий сигнал.

Для данных видов модуляции вводится понятие девиации частоты. Девиация - это максимальное отклонение мгновенной частоты от средней частоты  $\omega_0$ . Для частотной модуляции девиация является параметром модуляции, в то время как для фазовой модуляции она пропорциональна частоте модулирующего сигнала.

При угловой модуляции гармонического сигнала он принимает следующий вид:

$$s(t) = A \cos(\omega_0 t + \beta \sin(\Omega t))$$

Спектр модулированного гармонического сигнала описывается формулой

$$A \sum_{k=-\infty}^{\infty} J_k(\beta) \cos((\omega_0 + k\Omega)t + \phi_0 + k\Phi_0)$$

Он содержит бесконечное число составляющих, пропорциональных функции Бесселя  $k$ -го порядка, аргументом которой является индекс модуляции. Функции Бесселя имеют колебательный характер, поэтому спектр спадает немонотонно.

Т.к. ряд, описывающий спектр, бесконечен, имеет смысл говорить об эффективной ширине спектра. Для различных значений индекса модуляции  $\beta$  он будет зависеть от разных параметров:

- при  $\beta \ll 1$  ширина спектра равна удвоенной частоте модулирующего сигнала:  $\Delta\omega = 2\Omega$
- при  $\beta \gg 1$  ширина спектра равна удвоенной девиации частоты:  $\Delta\omega = 2\omega_d$ .

При демодуляции происходит извлечение исходного сигнала из модулированного. Это можно сделать несколькими способами. Первый способ - вычисление аналитического сигнала и выделение его фазовой функции, с последующим извлечением необходимого параметра - частоты или начальной фазы. Недостатком этого способа является необходимость обработки всей последовательности, а значит, трудность вычисления в реальном масштабе времени.

Другой подход - квадратурная обработка. В этом методе модулированный сигнал домножается на два опорных колебания с частотой несущей, сдвинутых на  $\frac{\pi}{2}$  для выделения фазы, после чего из аргумента выделяется информационный параметр.

## 1.4 Ход работы

Для реализации фазовой и частотной модуляции мы будем использовать средства Matlab: `pmmmod` (фазовая) и `fmmmod` (частотная). Также синтезируем однотональный гармонический сигнал. Код программы представлен ниже:

```
Ds = 3400;  
Fc = 20 0;  
t= 0 : 1/Fs : 0 . 1 ;  
A = 2 ;  
F = 3 0 ;  
  
s = A * s i n (2*F*pi*t ) ;  
x = pmmmod( s , Fc , Fs , 1 ) ;  
xd = pmdemod(x , Fc , Fs , 1 ) ;  
y = fmmmod( s , Fc , Fs , 1 5 )  
dy = fmdemod(y , Fc , Fs , 1 5 ) ;
```

## 1.5 Результаты

Графики модулированных и демодулированных сигналов, их спектров представлены ниже:

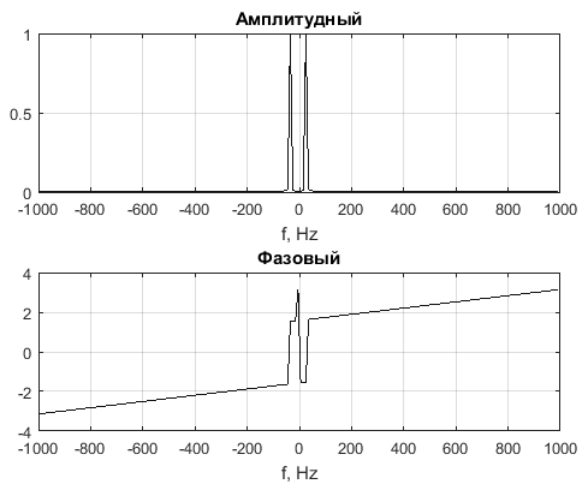
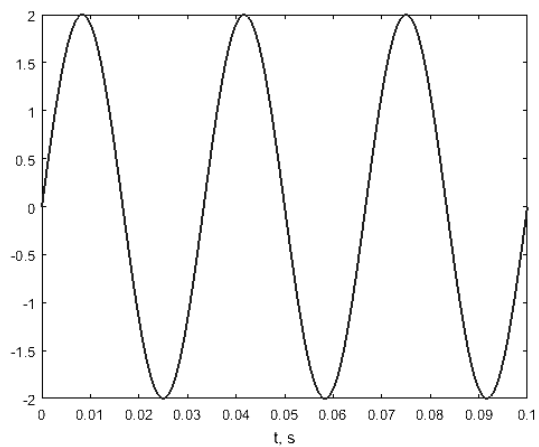


Рис. 1: Однотональный гармонический сигнал

Рис. 2: Амплитудный и фазовый спектры

### 1.5.1 Фазовая модуляция и демодуляция

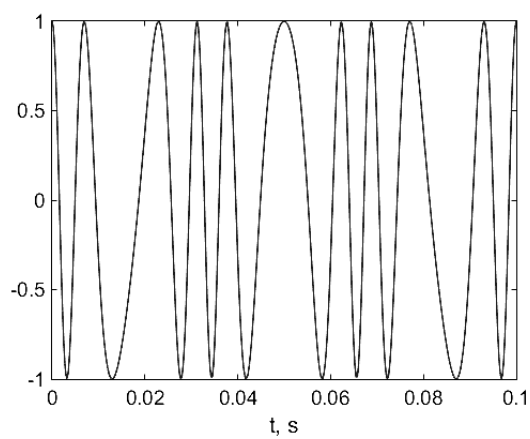


Рис. 3: Модулированный сигнал

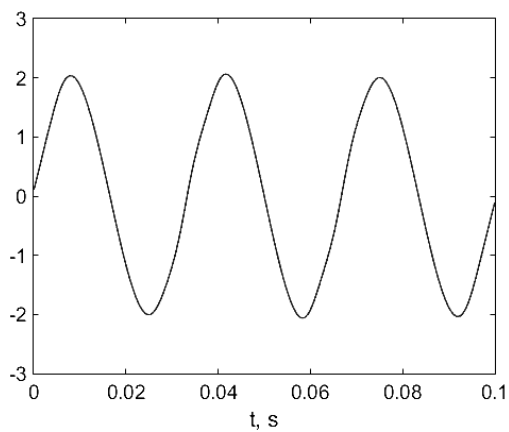


Рис. 4: Демодулированный сигнал

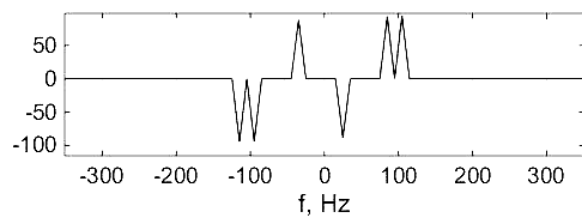
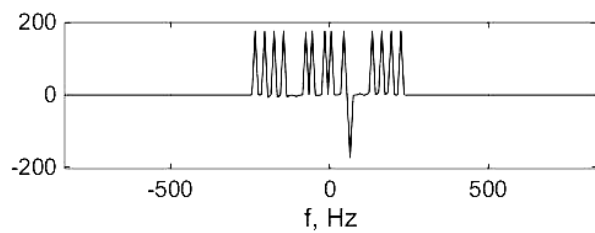
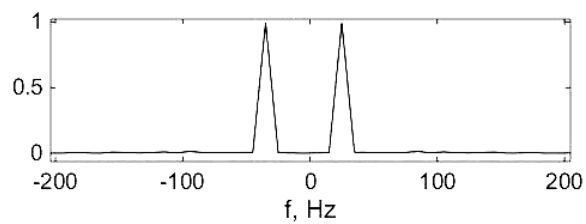
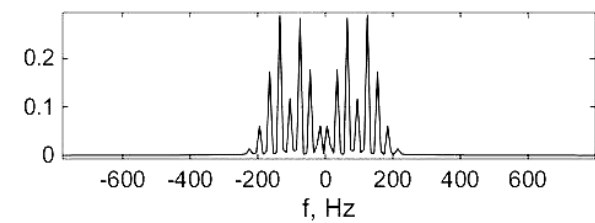


Рис. 5: Спектр модулированного сигнала

Рис. 6: Спектр демодулированного сигнала

### 1.5.2 Частотная модуляция и демодуляция

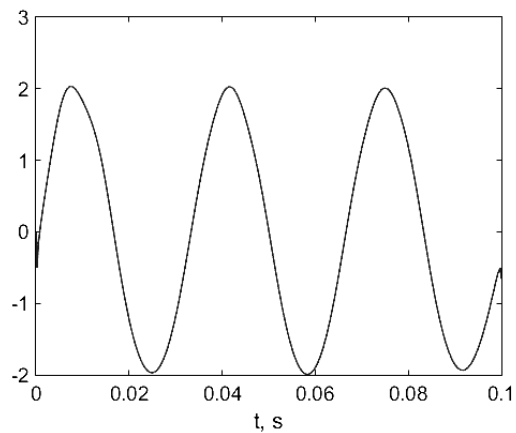
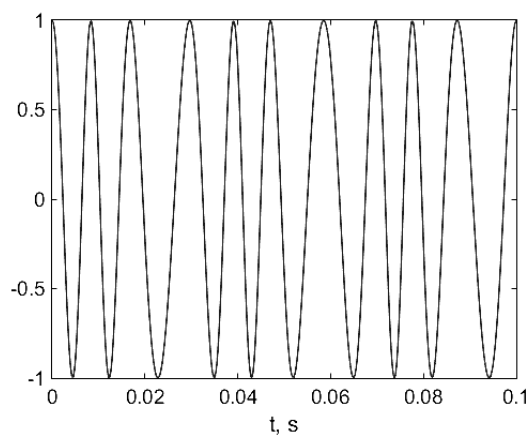


Рис. 7: Модулированный сигнал

Рис. 8: Демодулированный сигнал

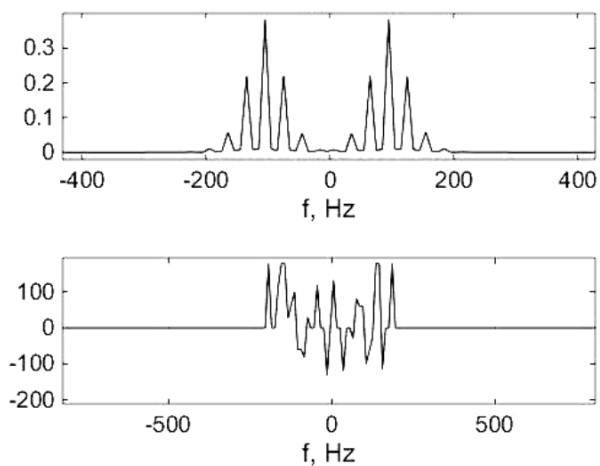


Рис. 9: Спектр модулированного сигнала

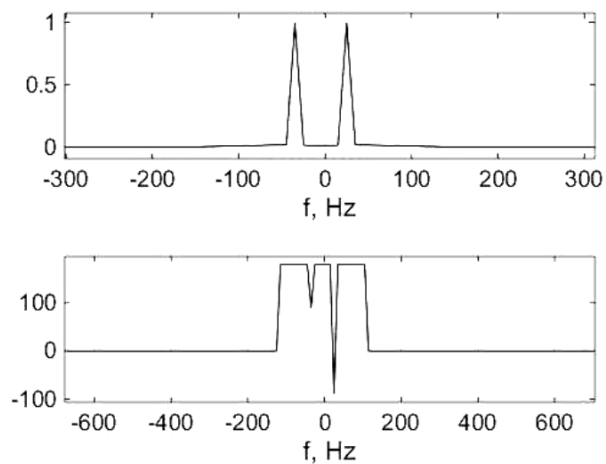


Рис.10: Спектр демодулированного сигнала

## 1.6 Выводы

В результате выполнения работы была изучена частотная и фазовая модуляция/демодуляция сигнала. При фазовой модуляции индекс модуляции не зависит от частоты модуляции, а девиация частоты пропорциональна частоте модуляции. При частотной модуляции индекс модуляции обратно пропорционален частоте модуляции, а девиация частоты не зависит от частоты модуляции.